

ACUMULAÇÃO DE MASSA SECA E DE NUTRIENTES POR DUAS CULTIVARES DE MILHO COM E SEM IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR¹

CARLOS ALBERTO VASCONCELLOS², JOSÉ VIEIRA ALVES BARBOSA,
HÉLIO LOPES DOS SANTOS, GONÇALO EVANGELISTA DE FRANÇA³

RESUMO - O trabalho teve o objetivo de verificar possíveis diferenças na acumulação de massa seca, N, P, K, Ca, Mg e Zn entre duas cultivares de milho, BR 105 e BR 126, com e sem irrigação suplementar por aspersão. Os tratamentos, dispostos em blocos, ao acaso, com duas repetições, foram constituídos por épocas de amostragem das plantas com 15, 35, 56, 78, 119 e 140 dias após a germinação. Para as respectivas análises químicas e determinação do peso seco, as plantas foram divididas em folhas, caules, palha, sabugo e grãos. Constatou-se que ambas as cultivares apresentaram decréscimo de produção na ausência de irrigação suplementar. Nestas condições, a cultivar BR 105 apresentou decréscimo na translocação de nutrientes para os grãos, sem, contudo, haver alterações quanto à produção de massa seca total. A cultivar BR 126 apresentou decréscimo na produção de massa seca, além da translocação de nutrientes para os grãos. Verificou-se, também, que a cultivar BR 105 é mais eficiente, pois, apresentou maior taxa de conversão dos nutrientes assimilados em grãos do que a cultivar BR 126. A exportação total de nutrientes seguiu a ordem decrescente: N (45-93 kg/ha) > K (12-25 kg/ha) > P (11-20 kg/ha) > Mg (4-7 kg/ha) > Ca (0,2-0,6 kg/ha) > Zn (0,07 - 0,13 kg/ha). A produção de grãos variou de 3.350 kg/ha a 6.500 kg/ha, respectivamente, para 'BR 126' sem irrigação e 'BR 105' com irrigação suplementar.

Termos para indexação: irrigação por aspersão, germinação, decréscimo de produção, translocação de nutrientes.

DRY MATTER AND NUTRIENT ACCUMULATION BY TWO MAIZE CULTIVARS WITH AND WITHOUT SUPPLEMENTAL IRRIGATION

ABSTRACT - The objective of this study was to determine possible differences in dry matter, N, P, K, Ca, Mg and Zn accumulation between two maize varieties, BR 105 and BR 126, with and without supplemental sprinkler irrigation, in Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil. At 15, 35, 56, 78, 119 and 140 days after emergence, six plants per replication were harvested for dry matter determination and chemical analysis. The plants (above ground) were divided into stem, leaves, husk, cob and grains. Supplemental irrigation increased grain yield in both varieties. Although dry matter accumulation by BR 105 was the same with and without irrigation, lack of supplemental irrigation caused reduction in the nutrients translocation to the grain. For BR 126, both total dry matter accumulation and nutrient translocation to grain were reduced without irrigation. The ratio of nutrient content in the grains over total nutrient absorbed was greater for BR 105 than for BR 126, indicating that BR 105 is more efficient. The amount of nutrient exported in the grain are as follows: N (43-93 kg/ha) > K (12-25 kg/ha) > P (11-20 kg/ha) > Mg (4-7 kg/ha) > Ca (0.2-0.6 kg/ha) > Zn (0.07-0.13 kg/ha). Grain yield ranged from 3,350 kg/ha for 'BR 126' without, to 6,500 kg/ha for 'BR 105' with irrigation.

Index terms: sprinkler irrigation, emergence, nutrients translocation, reduced grain production.

INTRODUÇÃO

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos procurando demonstrar a acumulação diferencial de matéria seca e de nutrientes pela cultura do milho. Andrade et al. (1975) demonstraram não haver diferenças significativas para as extrações de N, P e

K por cinco cultivares de milho. A acumulação de matéria seca na parte vegetativa não se traduziu, necessariamente, em aumento de produção de grãos. De maneira análoga, Hanway & Russell (1969) observaram, para dois anos e duas populações de plantas, não haver diferenças na acumulação de matéria seca total em onze híbridos de milho. Neste caso, as diferenças de produção entre os materiais estudados foram explicadas pelas diferenças no período de enchimento de grãos. Os materiais mais produtivos foram os que apresentaram um período mais longo de enchimento de

¹ Aceito para publicação em 27 de julho de 1983.

² Eng.^o-Agr.^o, Ph.D., Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) - EMBRAPA, Caixa Postal 151, CEP 35700 - Sete Lagoas, MG.

³ Eng.^o-Agr.^o, M.Sc. CNPMS-EMBRAPA.

grãos. Todavia, as condições climáticas devem influenciar esta característica em função do seu efeito sobre a translocação de nutrientes.

Daynard et al. (1971) sugerem a possibilidade de selecionar plantas mais produtivas, através do período de enchimento de grãos. Beauchamp et al. (1976), Rodriguez (1977), Pollmer et al. (1979) verificaram que a interação genótipo ambiente apresentou efeitos diferenciais na eficiência da translocação de nitrogênio para os grãos.

Silva et al. (1974), ao analisar o crescimento de dois híbridos simples em duas densidades de plantio, verificaram que a taxa de crescimento relativo e a taxa de absorção aparente não estão diretamente relacionadas com a produção de grãos. Mehla & Singh (1980) também demonstraram não haver diferenças entre híbridos e populações de milho quanto à acumulação de matéria seca.

Em contrapartida, Furlani et al. (1977) demonstraram, com dois híbridos simples, haver diferenças genéticas na absorção de nutrientes e na eficiência de conversão dos elementos assimilados em produção de grão. Exigências minerais diferenciais entre genótipos também foram mencionadas por Beauchamp et al. (1976), Rodriguez (1977), Pollmer et al. (1979). Estas diferenças têm importância para o melhoramento genético e aproveitamento dos fertilizantes aplicados.

Alguns trabalhos, como os de Hanway (1962a, b), indicam que a composição química do milho varia com a fertilidade do solo. Entretanto, a distribuição dos elementos nas diferentes partes da planta permanece numa mesma proporção. Hiroce (1979) verificou que a extração de N foi maior do que a quantidade média aplicada como fertilizante, o que leva a inferir problemas futuros, ou mesmo, estudos de manejo de solo que viabilizem uma melhor eficiência na absorção de nutrientes existentes no solo.

A igualdade na acumulação de nutrientes entre cultivares comerciais de milho refletem a obtenção dos materiais, apenas em condições de alta fertilidade de solo, com seleção de plantas mais produtivas, Andrade et al. (1975).

O presente trabalho teve como finalidade verificar possíveis diferenças na acumulação de massa seca, N, P, K, Ca, Mg e Zn entre duas variedades de milho (BR 105 e BR 126) sintetizadas no Centro

Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo — CNPMS, Sete Lagoas, MG, com e sem irrigação suplementar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as cultivares de milho (*Zea mays* L.) BR 105 e BR 126. A 'BR 105' é uma cultivar de porte baixo ou intermediário, precoce e selecionada para produção de grãos. A 'BR 126' é de porte alto, tardia e mais utilizada para produção de silagem. Maiores detalhes sobre as características de cada cultivar são apresentados na Tabela 1.

Foram conduzidos dois ensaios com a 'BR 105' e dois ensaios com a 'BR 126, durante o ano agrícola de 1980/81, em Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, LED, fase cerrado. Em cada cultivar, um dos ensaios recebeu irrigação suplementar, por aspersão e o outro, apenas a precipitação natural (Tabela 1).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e duas repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas épocas de amostragem (dias após a germinação): 15, 35, 56, 79, 119 e 140. Em cada parcela, coletaram-se seis plantas competitivas, distribuídas no espaçamento de 1 m entre fileiras e cinco plantas/m linear. A adubação de plantio foi de 450 kg/ha da fórmula 4-14-8, aplicando-se 40 kg de N/ha, em cobertura, aos 35 dias após a germinação, na forma de sulfato de amônio. Cerca de dois meses antes do plantio, aplicaram-se 4 t/ha de calcário dolomítico.

Em cada época de amostragem, as plantas foram separadas em colmo, folha, pendão, palha, sabugo e grão, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta. Após a quantificação do peso seco a 75°C, as amostras foram moídas e analisadas quimicamente para N, P, K, Ca, Mg e Zn, seguindo-se os métodos descritos em Sarruge & Haag (1974). O cálcio, o magnésio e o zinco foram determinados por absorção atômica; o potássio, por fotometria de chama; o fósforo, por colorimetria, seguindo-se o desenvolvimento da cor azul, conforme método de Murphy & Riley (1962), descrito por Watanabe & Olsen (1965).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acumulação de matéria seca

O acúmulo de matéria seca total em função da idade das cultivares, na presença e ausência de irrigação suplementar, está representado na Fig. 1. As equações matemáticas que estimam o crescimento destas cultivares foram obtidas por análise de regressão, selecionando-se as equações com componentes significativos até 10% pelo teste F. Na Tabela 2, estão apresentados os dados de produção de grãos das duas cultivares estudadas, na

TABELA 1. Distribuição das quantidades de água em diferentes estádios de desenvolvimento das cultivares BR 105 e BR 126. Solo LED, Sete Lagoas, MG.

Estádio	Distribuição de água (mm)					
	BR 105			BR 126		
	Dias (n.º)	Ensaio 1 *	Ensaio 1 **	Dias (n.º)	Ensaio 1	Ensaio 2
Semeadura a emergência	7	77,8	77,8	7	77,8	77,8
Emergência até 35 dias	29	489,2	660,2	29	489,2	660,2
Desenvolvimento vegetativo	21	56,8	56,8	27	158,7	158,7
Florescimento	6	101,9	101,9	8	44,7	44,7
Granação	22	117,4	-	21	84,9	-
Granação	28	-	353,8	27	-	334,9
Mat. fisiológica	21	16,5	-	21	4,3	-
Mat. fisiológica	22	-	179,8	29	-	154,0
Totais	-	859,6	1.430,3	-	859,6	1.430,3

* Ensaio 1 - precipitação natural.

** Ensaio 2 - precipitação natural + irrigação suplementar.

presença e ausência de irrigação suplementar. Houve, para ambas as cultivares, decréscimo de produção na ausência de irrigação. Este decréscimo foi menor na 'BR 105' (35%) do que na 'BR 126' (46%), indicando ser aquela cultivar menos sensível ao déficit hídrico.

Apenas para a 'BR 126' sem irrigação suplementar, obteve-se adequação dos dados à equação de 3.º grau. Nos demais casos, o efeito foi linear. Esta linearidade de acumulação total de massa também foi mencionada por Sayre (1948) e Hanway (1962a).

O ajustamento das equações apresenta valores negativos quando se extrapola para zero. Este fato reflete os poucos pontos obtidos na fase inicial do desenvolvimento das plantas, quando o crescimento é lento.

A análise de variância agrupando os dados experimentais, com e sem irrigação suplementar, para cada cultivar, permitiu verificar que, para a cultivar BR 105, a diferença significativa no acúmulo de massa seca total ocorreu apenas aos 140 dias após a germinação (CV = 13%). Como a produção de grãos da 'BR 105' foi menor, na ausência de irrigação suplementar, pode-se inferir que a diminuição desta produção foi acarretada por limitações na translocação de nutrientes para os grãos.

Para a 'BR 126', a partir dos 119 dias após a germinação, a análise de variância (CV = 13,2%) indicou diferenças significativas, ao nível de 1%, entre os pontos obtidos com e sem irrigação suplementar. A partir desta data, a acumulação total de massa é menor na ausência de irrigação suplementar. A produção de grãos, isoladamente, é responsável pelo decréscimo (aos 140 dias) de 57 g/planta. Neste período, a redução de massa total foi de 107,4 g/planta. Houve, portanto, na ausência de irrigação, menor produção de massa seca na parte vegetativa, o que pode indicar decréscimo na taxa fotossintética líquida.

A distribuição percentual de massa seca das folhas e dos colmos, em relação à massa seca total, encontra-se na Tabela 3.

Em ambas as cultivares, houve maior percentagem de massa seca foliar e de colmos nos experimentos sem irrigação do que nos irrigados. A cultivar BR 126 apresentou maiores percentagens de colmo do que a 'BR 105', refletindo suas características de milho com porte mais alto e próprio para produção de silagem.

O acúmulo máximo de massa foliar foi aos 56 dias, para a 'BR 105', com e sem irrigação suplementar; para a 'BR 126', foi aos 56 e 78 dias, com e sem irrigação suplementar, respectivamente.

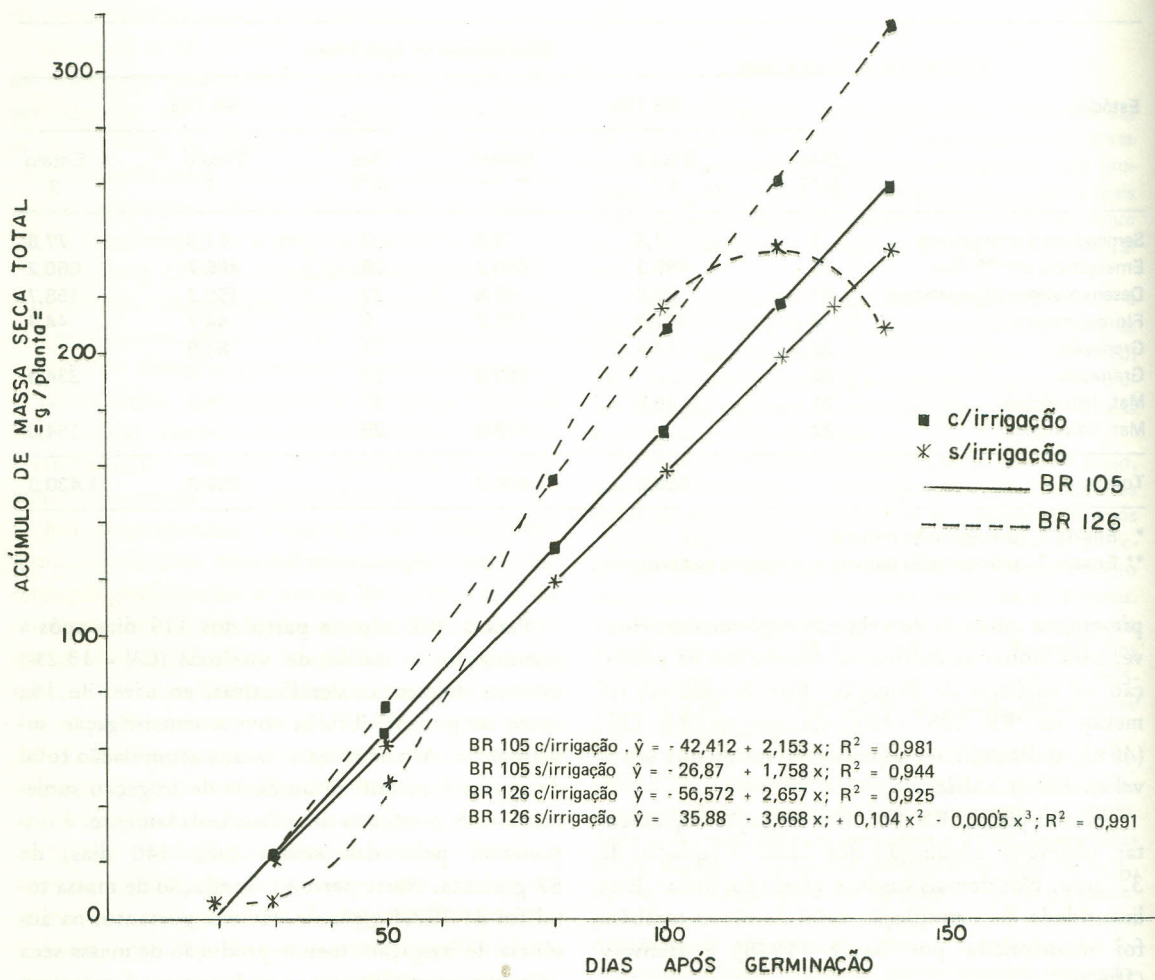


FIG. 1. Acúmulo de matéria seca total (\hat{Y}) em função de idade (X) de duas cultivares de milho. Sete Lagoas, 1982.

TABELA 2. Produção de grãos para duas cultivares de milho, com e sem irrigação suplementar. Solo LVE, Sete Lagoas, 1982.

Cultivar	Produção C/ *	kg/ha S/ **	$\Delta\%$
BR 105	6.500	4.300	35
BR 126	6.200	3.350	46

* C/ = com irrigação

** S/ = sem irrigação

te. Quanto à produção de colmos, o acúmulo máximo foi observado aos 119 dias para ambas as cultivares, nas duas condições de umidade. Após este período, houve decréscimo, principalmente, na acumulação de massa seca das folhas, indicando a translocação de fotossintetizados para os grãos, conforme demonstrado também por Daynard et al. (1969).

Por outro lado, como as produções de grãos foram maiores na cultivar BR 105, infere-se que as diferenças na acumulação de matéria seca da parte

TABELA 3. Distribuição percentual da massa seca de folhas e colmos, em relação à massa seca total de duas cultivares de milho, em seis estádios de desenvolvimento, com e sem irrigação suplementar. Solo LED, Sete Lagoas, 1982.

Época (dias)	BR 105				BR 126			
	Folhas		Colmo		Folhas		Colmo	
	C/*	S/**	C/	S/	C/	S/	C/	S/
15	0,5	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,2	0,3
35	4	6	3	4,0	4	5	3	4
56	12	15	17	21	13	14	17	18
78	10	12	19	21	9	16	23	38
119	8	12	18	26	11	15	30	38
140	7	19	18	24	8	11	28	34

* C/ = com irrigação

** S/ = sem irrigação

vegetativa não traduziram aumentos na produção de grãos. Observação semelhante é apresentada por Andrade et al. (1977).

Distribuição dos macronutrientes nas diferentes partes da planta

Os resultados obtidos relativos à distribuição percentual dos macronutrientes nas diferentes partes do milho e os respectivos totais, aos 140 dias após a germinação, encontram-se na Tabela 4.

A extração total dos nutrientes em ambas as cultivares seguiu a seguinte ordem decrescente: N (77-129 kg/ha) > K (34-53 kg/ha) > P (15-24 kg/ha) > Ca (19-24 kg/ha) > Mg (11-16 kg/ha). A exportação de nutrientes, nos grãos, seguiu a seguinte ordem decrescente: N (45-93 kg/ha) > K (12-15 kg/ha) ≥ P (11-10 kg/ha) > Mg (4-7 kg/ha) > Ca (0,2-0,6 kg/ha).

Pode-se afirmar que, de um modo geral, as quantidades de N aplicadas no plantio e em cobertura (58 kg de N/ha) foram insuficientes, inclusive, para repor as quantidades extraídas pelos grãos. Este fato também foi comprovado por Hiroce (1979).

Com relação ao potássio, a aplicação de 27 kg de K/ha permite repor o potássio exportado, contudo a não-reposição dos restos culturais leva ao decréscimo na disponibilidade do elemento no solo.

A cultivar BR 126, principalmente na presença de irrigação, apresentou percentuais mais elevados de N, K, Ca e Mg do que a cultivar BR 105, aos 140 dias após a germinação. Entretanto, os percentuais de P e Zn foram similares nas duas cultivares, com e sem irrigação suplementar.

A cultivar BR 126 apresentou maiores produções de massa seca total e menor produção de grãos, com ou sem irrigação suplementar, quando comparada com a cultivar BR 105, (Tabelas 2 e 4). Como se trata de cultivar própria para silagem, é compreensível o fato de a 'BR 126' apresentar menores percentagens de grãos em relação à massa total e menor conversão dos nutrientes assimilados para produzir grãos.

Em ambas as cultivares, aos 140 dias após a germinação, houve decréscimo na acumulação total dos elementos estudados (N, P, K, Ca, Mg e Zn) na ausência de irrigação suplementar. Além disso, nas condições de déficit hídrico, houve maior percentual dos elementos nutritivos nas partes vegetativas da planta, principalmente, nas folhas e nas palhas + sabugos, em comparação com os tratamentos irrigados. Este fato demonstra que, em condições de estresse hídrico, há decréscimo na translocação dos nutrientes para os grãos.

Hanway (1962a, b), entretanto, demonstrou que as relações entre as diferentes partes da planta permanecem inalteradas em diferentes condições de fertilidade. Hanway & Russell (1969) também

TABELA 4. Distribuição percentual de nutrientes nas diferentes partes do milho e extração total, em duas cultivares, com e sem irrigação suplementar. Idade da planta, 140 dias. Solo LVE, Sete Lagoas, 1982.

Cultivar	Parte da planta	N		P		K		Ca		Mg		Zn		Massa seca	
		C/*	S/**	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/
BR 105	Folha	7	10	4	6	3	4	45	48	9	13	9	7	7	9
	Colmo	7	9	6	6	17	18	34	36	21	23	12	21	18	24
	Palha														
	+ Sabugo	9	14	7	12	23	37	18	14	20	21	28	26	21	24
	Grão	77	67	83	76	57	41	3	2	50	43	54	46	54	43
	Total (kg/ha)	104	77	24	17	43	34	19	17	14	11	0,2	0,15	12.504	10.122
BR 126	Folha	7	9	3	8	4	6	39	46	10	15	6	10	8	11
	Colmo	10	13	6	10	25	24	48	44	28	34	13	19	28	34
	Palha														
	+ Sabugo	11	12	7	11	28	35	12	10	17	16	18	27	20	22
	Grão	72	66	84	71	43	34	1	-	45	35	63	44	44	33
	Total (kg/ha)	129	81	23	15	53	36	24	19	16	12	0,2	0,15	14.290	9.928

* C/= com irrigação

** S/= sem irrigação

demonstraram este fato para diferentes populações e anos agrícolas.

Nas condições deste ensaio, a presença ou ausência de irrigação suplementar alterou as relações entre as diferentes partes da planta, no que se refere à distribuição de nutrientes e de matéria seca (Tabela 4).

De maneira geral, a translocação de nutrientes para os grãos foi a seguinte: N (66-77%), P (71-84%), K (34-57%), Ca (1-3%) Mg (36-50%), Zn (44-63%). Estes valores, para N, P, Ca, Mg e Zn, são semelhantes aos apresentados por Andrade et al. (1977). Todavia não concordam com os dados apresentados por Mehla & Singh (1980) que mencionam translocação máxima de 45,3% de N e 48,8% de P para os grãos.

Nas Tabelas 5 e 6, estão os dados percentuais dos nutrientes nas folhas e colmos, em relação ao total, em diferentes estádios de desenvolvimento. A translocação para os grãos e/ou perdas por lixiviação (ver acumulação total de potássio) são evidentes nas folhas e colmos, indicando a contribuição destas partes no enchimento de grãos.

Na ausência de irrigação suplementar, houve,

em geral, dados percentuais maiores, quando comparados com os dados obtidos nos experimentos irrigados. Desta forma, pode-se inferir menor translocação de nutrientes quando há déficit hídrico e, conseqüentemente, menores produções.

Um outro ponto a ser salientado é a baixa redistribuição do cálcio, nas folhas e nos colmos, indicando a característica de elemento relativamente imóvel dentro da planta.

Acumulação total de nutrientes

A acumulação total de nutrientes, para melhor entendimento das diferenças encontradas, foi assim subdividida:

Nitrogênio - Os dados referentes à acumulação de nitrogênio nas cultivares BR 105 e BR 126 estão representados na Fig. 2. A cultivar BR 105 apresentou diferença significativa entre as condições de irrigação, apenas para os pontos obtidos aos 140 dias após a germinação.

A cultivar BR 126 apresentou diferenças significativas, entre as condições de irrigação, a partir do 78^o dia após a germinação.

TABELA 5. Distribuição percentual de nutrientes nas folhas, em diferentes estádios de duas cultivares de milho, BR 105 e BR 126, com e sem irrigação suplementar. Dados percentuais em relação ao acúmulo total. Sete Lagoas, 1982.

Cultivar	Época (dias)	Nutrientes											
		N		P		K		Ca		Mg		Zn	
		C/*	S/**	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/
BR 105	15	3	4	1	2	7	9	3	3	1	1	2	3
	35	9	12	4	8	32	49	12	16	4	7	5	12
	56	29	42	14	22	53	73	40	47	17	27	3	25
	78	22	35	12	17	48	48	43	55	25	21	13	19
	119	10	13	7	6	11	13	62	59	16	18	10	11
	140	7	10	4	6	3	4	45	48	9	13	6	7
BR 126	15	2	3	1	2	6	9	2	3	1	1	2	3
	35	8	8	5	6	31	45	12	17	6	9	5	16
	56	32	38	23	21	68	68	40	36	24	22	15	16
	78	18	39	11	17	31	76	36	62	18	30	11	30
	119	11	12	8	9	20	17	84	73	26	29	13	14
	140	7	9	3	8	4	6	39	46	10	15	6	10

* C/= com irrigação

** S/= sem irrigação

TABELA 6. Distribuição percentual de nutrientes nos colmos, em diferentes estádios, de duas cultivares de milho, BR 105 e BR 126, com e sem irrigação suplementar. Dados percentuais em relação ao acúmulo total. Sete Lagoas, 1982.

Cultivar	Época (días)	Nutrientes											
		N		P		K		Ca		Mg		Zn	
		C/*	S/**	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/
BR 105	15	1	1	0,5	0,6	3	4	1	1	0,3	0,4	2	2
	35	4	5	3	5	27	40	10	12	6	8	5	15
	56	17	22	10	16	49	75	31	35	29	43	3	23
	78	14	17	18	10	53	40	24	32	18	29	10	23
	119	8	13	10	7	35	58	42	48	19	34	21	30
	140	7	9	6	6	17	18	34	36	21	23	12	21
BR 126	15	1	1	0,5	0,7	3	4	1	1	0,2	0,3	2	2
	35	3	6	3	5	27	31	12	11	7	6	7	7
	56	15	21	15	16	59	73	30	31	30	32	19	21
	78	13	22	13	20	34	115	21	38	26	39	21	47
	119	12	12	10	12	45	48	57	44	35	40	33	21
	140	10	13	6	10	25	24	48	44	28	34	13	19

* C/= com irrigação

** S/= sem irrigação

Na ausência de irrigação suplementar, a 'BR 105' e a 'BR 126' apresentaram comportamentos similares, nas diferentes épocas estudadas. Nestas condições, a máxima acumulação de nitrogênio foi aos 115 dias, com 88 e 92 kg de N/ha para a 'BR 105' e a 'BR 126', respectivamente. Estes valores estão próximos dos apresentados por Loué (1963), quando menciona a extração máxima de 110 kg/ha, em ensaios sem irrigação. Entretanto, são valores que correspondem, aproximadamente, à metade daqueles apresentados por Andrade et al. (1977) e Hanway (1962b).

Na presença de irrigação suplementar não se constataram pontos de máxima acumulação. Houve adequação dos dados, dentro do período estudado, à equação linear, provavelmente refletindo os poucos pontos obtidos na fase inicial e final do desenvolvimento das plantas.

Fósforo - A acumulação de fósforo na 'BR 105' e na 'BR 126' apresentou diferença significativa entre os tratamentos com e sem irrigação, apenas aos 140 dias de idade.

Com irrigação suplementar, as duas cultivares estudadas comportaram-se de modo semelhante

(Fig. 3). Houve tendência de a 'BR 126' apresentar maior absorção de fósforo, entre os 80 e 110 dias de idade, na ausência de irrigação. De modo inverso, a 'BR 105' apresentou menor absorção desde os 60 dias de idade.

Potássio - Para acumulação de potássio na 'BR 105' e na 'BR 126', verificaram-se diferenças significativas apenas para os pontos obtidos aos 78 dias após a germinação da cultivar BR 126. Não houve diferenças significativas, entre as condições de irrigação, para a cultivar BR 105. Na 'BR 126', houve maior absorção, na ausência de irrigação suplementar. Conforme Jenne et al. (1958), sob condições de algum déficit hídrico durante o ciclo da cultura, pode haver maior desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, exploração de maior volume de solo e maior absorção de nutrientes. Possivelmente, este fato pode ter acontecido na cultivar BR 126 que apresentou maiores quantidades de nutrientes, na ausência de irrigação suplementar.

A cultivar BR 105 apresentou acúmulos máximos aos 93 e 91 dias, com extração de 62 e 60 kg de K/ha, respectivamente com e sem irrigação (Fig. 4).

De maneira análoga, a 'BR 126' apresentou acúmulos máximos de potássio aos 97 e 91 dias, com extração de 68 e 80 kg de K/ha, respectivamente, com e sem irrigação.

Apesar de mais tardios do que os períodos de máximo acúmulo de potássio apresentados por Andrade et al. (1975), há concordância com o fato de terem estes máximos ocorrido antes que os de N e P (Fig. 2 e 3).

As quantidades máximas acumuladas são seme-

lhantes às apresentadas por Loué (1963) e Sayre (1948).

Após a máxima acumulação, houve perdas de potássio dos tecidos vegetais para o solo, fato também mencionado por Sayre (1948), Tukey Junior (1970) e Andrade et al. (1975). Esta perda de K foi maior na 'BR 126', na ausência de irrigação. A 'BR 105' apresentou perdas semelhantes com e sem irrigação.

Cálcio - Não houve diferenças significativas para

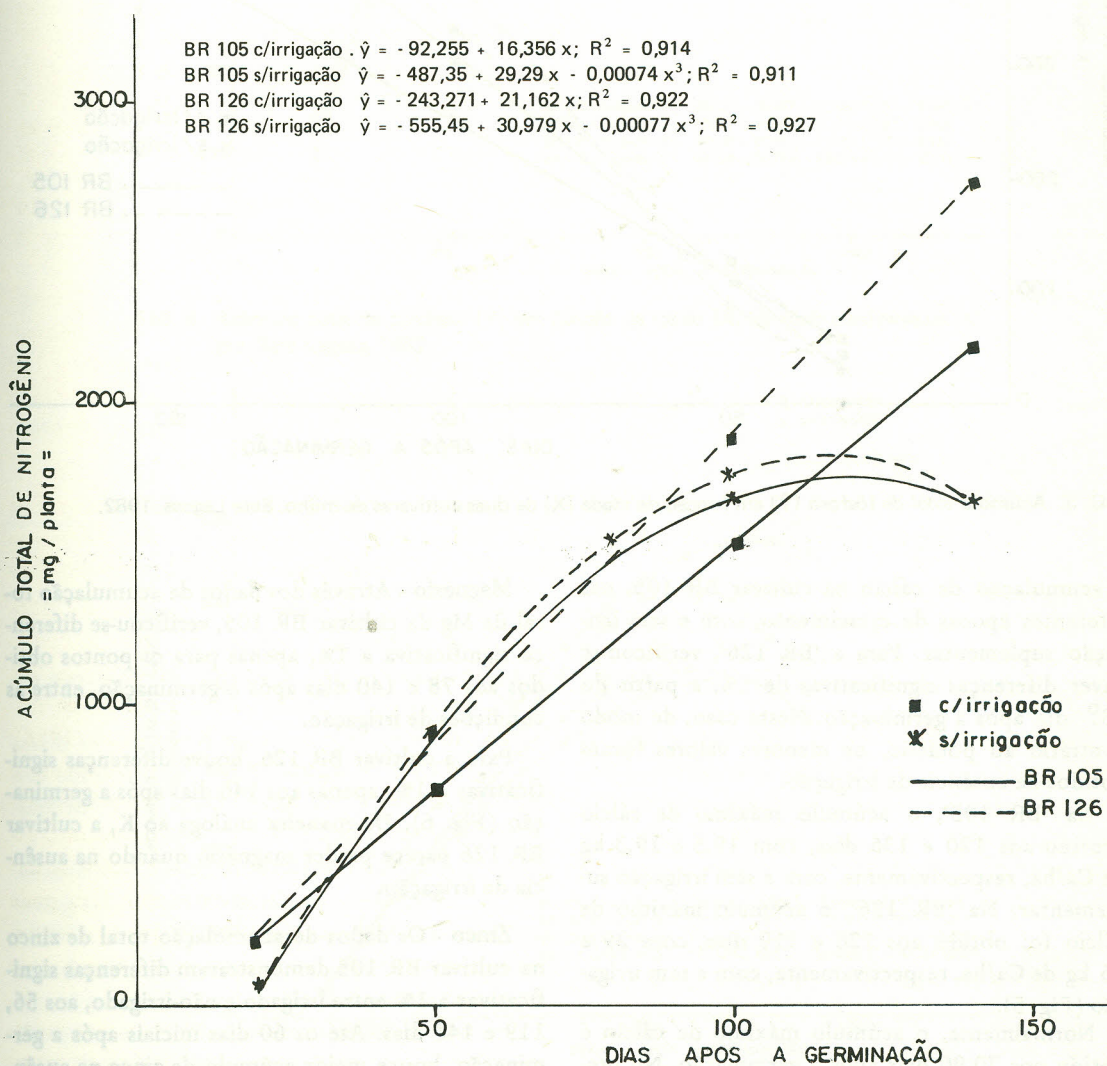


FIG. 2. Acúmulo total de nitrogênio (\hat{Y}) em função de idade (X) de duas cultivares de milho. Sete Lagoas, 1982.

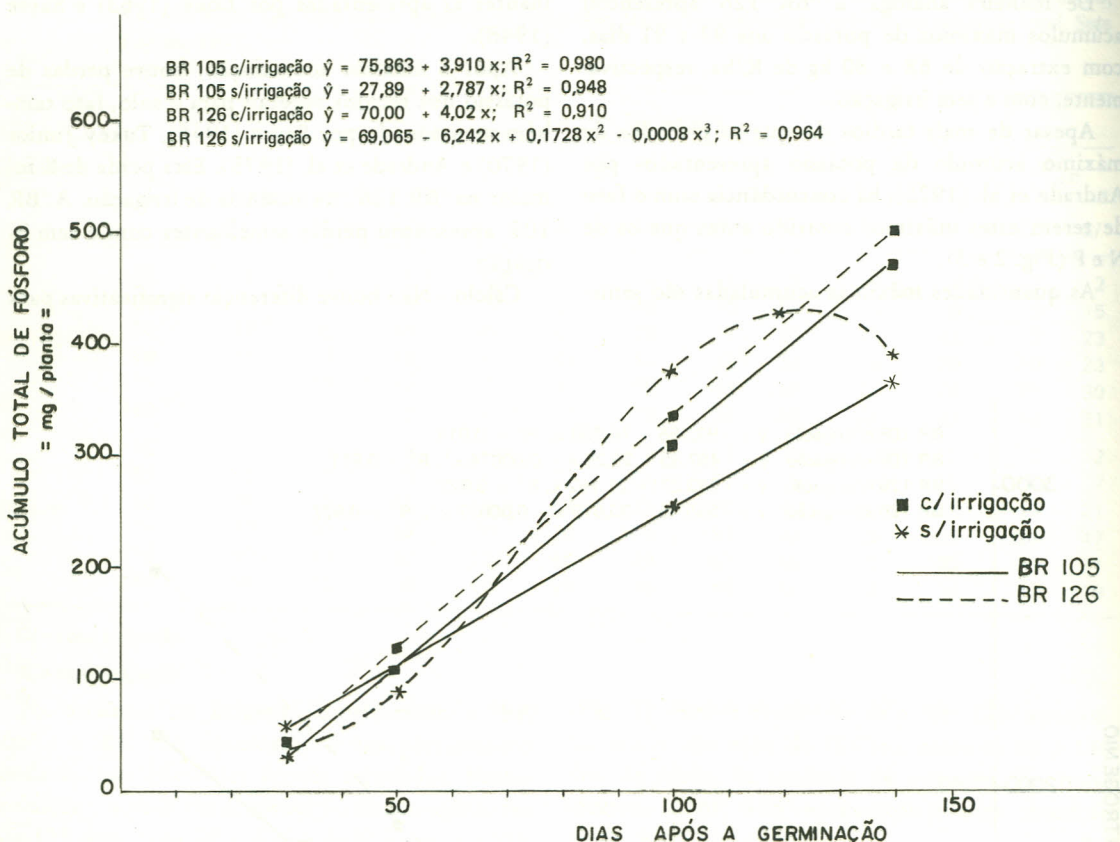


FIG. 3. Acúmulo total de fósforo (\hat{Y}) em função de idade (X) de duas cultivares de milho. Sete Lagoas, 1982.

a acumulação de cálcio na cultivar BR 105, nas diferentes épocas de crescimento, com e sem irrigação suplementar. Para a 'BR 126', verificou-se haver diferenças significativas de 1%, a partir do 78º dia após a germinação. Neste caso, de modo contrário ao potássio, os menores valores foram obtidos na ausência de irrigação.

Na 'BR 105', o acúmulo máximo de cálcio ocorreu aos 120 e 136 dias, com 19,5 e 19,3 kg de Ca/ha, respectivamente, com e sem irrigação suplementar. Na 'BR 126', o acúmulo máximo de cálcio foi obtido aos 126 e 110 dias, com 29 e 26 kg de Ca/ha, respectivamente, com e sem irrigação (Fig. 5).

Normalmente, o acúmulo máximo de cálcio é obtido aos 70-90 dias após a germinação. No presente estudo obteve-se este acúmulo aos 110-136 dias.

Magnésio - Através dos dados de acumulação total de Mg da cultivar BR 105, verificou-se diferença significativa a 1%, apenas para os pontos obtidos aos 78 e 140 dias após a germinação, entre as condições de irrigação.

Para a cultivar BR 126, houve diferenças significativas a 1%, apenas aos 140 dias após a germinação (Fig. 6). De maneira análoga ao K, a cultivar BR 126 parece perder magnésio quando na ausência de irrigação.

Zinco - Os dados de acumulação total de zinco na cultivar BR 105 demonstraram diferenças significativas a 1% entre irrigado e não-irrigado, aos 56, 119 e 140 dias. Até os 60 dias iniciais após a germinação, houve maior acúmulo de zinco na ausência de irrigação. Posteriormente, predominou a acumulação sob condições irrigadas.

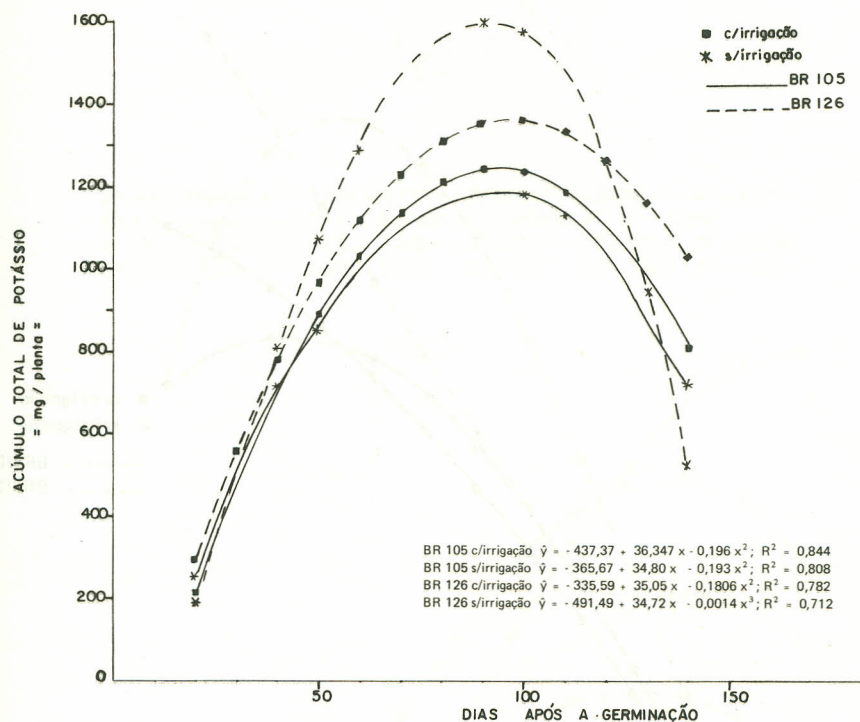


FIG. 4. Acúmulo total de potássio (\hat{Y}) em função da idade (X) de duas cultivares de milho, Sete Lagoas, 1982.

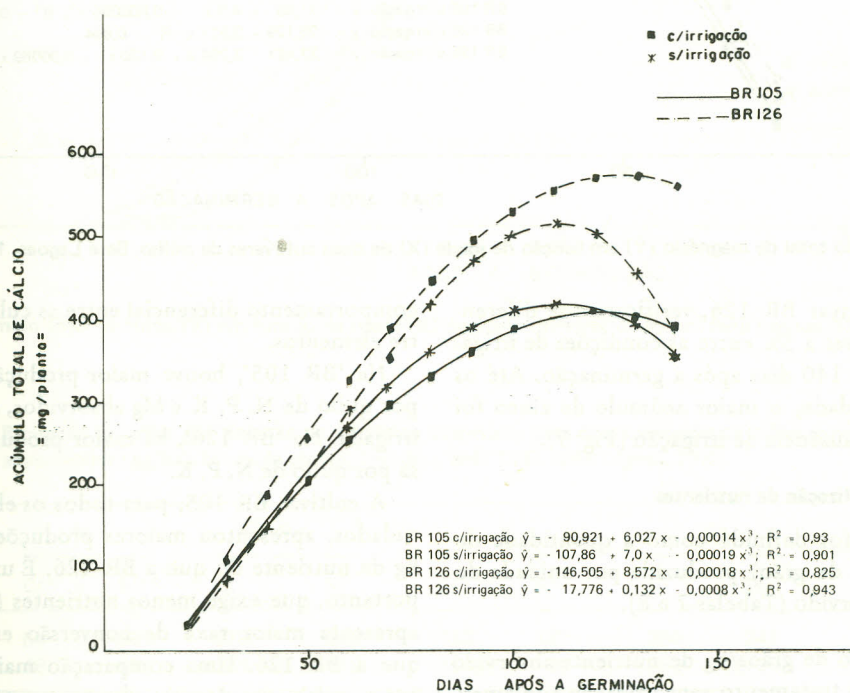


FIG. 5. Acúmulo total de cálcio (\hat{Y}) em função de idade (X) de duas cultivares de milho, Sete Lagoas, 1982.

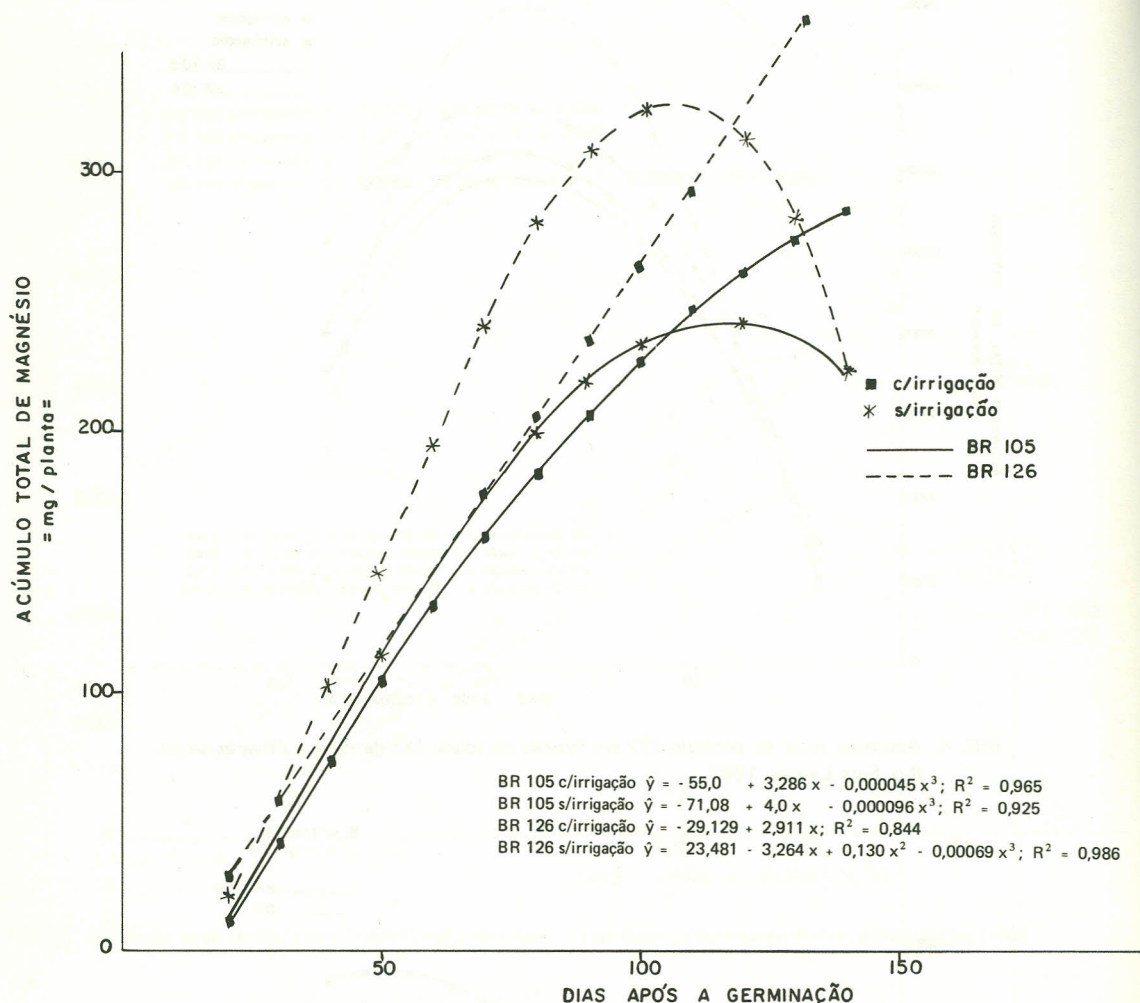


FIG. 6. Acúmulo total de magnésio (\hat{Y}) em função de idade (X) de duas cultivares de milho. Sete Lagoas, 1982.

Para a cultivar BR 126, verificaram-se diferenças significativas a 5% entre as condições de irrigação, aos 78 e 140 dias após a germinação. Até os 100 dias de idade, o maior acúmulo de zinco foi observado na ausência de irrigação (Fig. 7).

Eficiência na utilização de nutrientes

Eficiência foi definida como a quantidade de massa seca (e de grão) produzida por unidade de nutriente absorvido (Tabelas 7 e 8).

A produção de grãos/kg de nutriente absorvido foi menor no tratamento sem irrigação suplementar para as duas cultivares.

A produção de massa seca, contudo, apresentou

comportamento diferencial entre as cultivares e entre elementos.

Na 'BR 105', houve maior produção de massa por quilo de N, P, K e Mg absorvidos, quando não irrigada. Na 'BR 126', há maior produção de massa por quilo de N, P, K.

A cultivar BR 105, para todos os elementos estudados, apresentou maiores produções de grãos/kg de nutriente do que a BR 126. É uma cultivar, portanto, que exige menos nutrientes (Tabela 4) e apresenta maior taxa de conversão em grãos do que a BR 126. Uma comparação mais adequada entre cultivares deveria abranger estádios semelhantes de desenvolvimento, como apresentado por Hanway (1963).

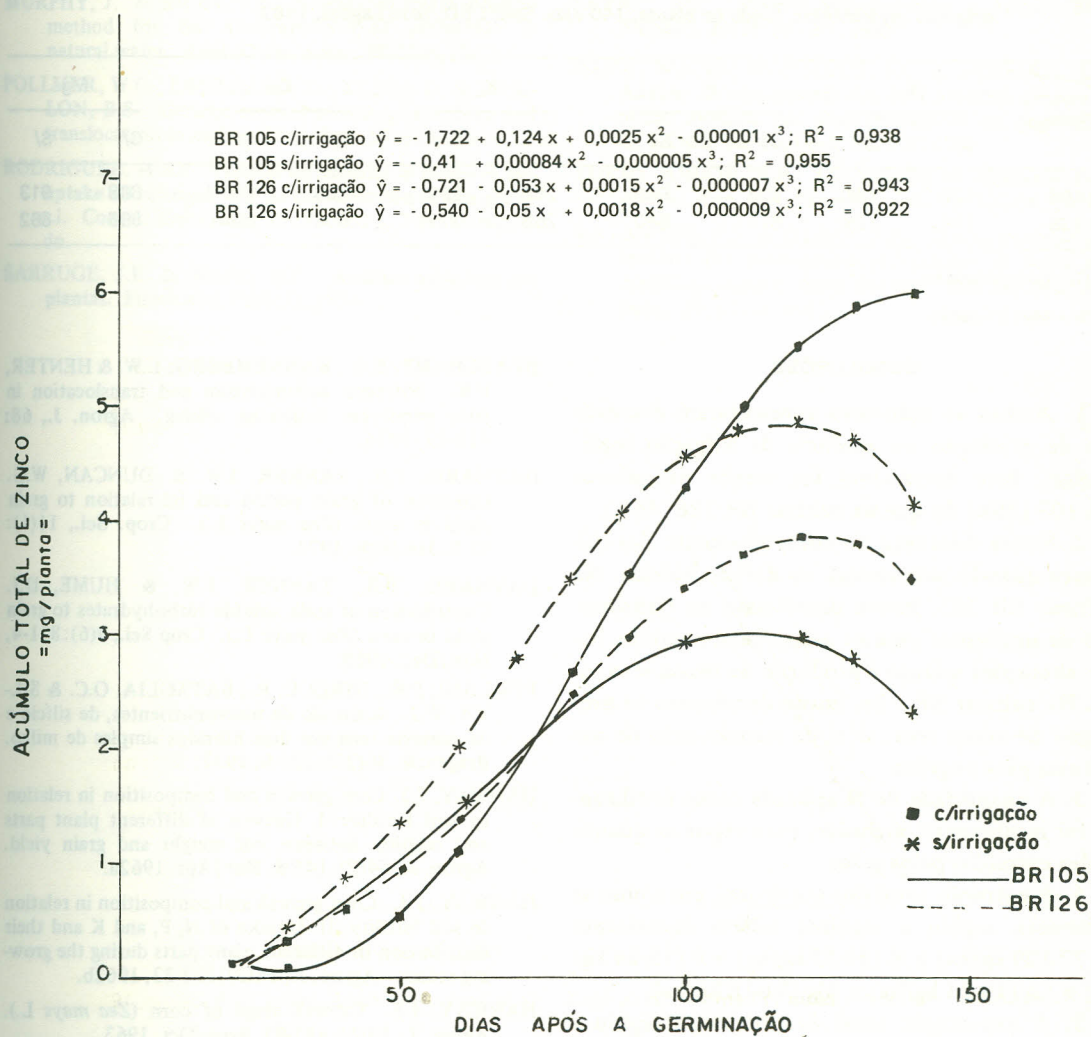
FIG. 7. Acúmulo total de zinco (\hat{Y}) em função de idade (X) de duas cultivares de milho. Sete Lagoas, 1982.

TABELA 7. Produção de grãos por unidade de nutriente absorvido, para duas cultivares de milho, com e sem irrigação suplementar (kg/ha). Idade da planta, 140 dias. Solo LED, Sete Lagoas, 1982.

Cultivar	N		P		K		Ca		Mg	
	C/*	S/**	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/
BR 105	64	56	278	245	153	127	350	247	462	390
BR 126	48	41	266	216	117	93	262	176	389	289

* C/= com irrigação

** S/= sem irrigação

TABELA 8. Produção total de massa seca por unidade nutriente absorvida, para duas cultivares de milho, com e sem irrigação suplementar. Idade de planta, 140 dias. Solo LED, Sete Lagoas, 1982.

Cultivar	N		P		K		Ca		Mg	
	C/*	S/**	C/	S/	C/	S/	C/	S/	C/	S/
BR 105	120	131	523	595	288	297	659	577	868	913
BR 126	110	129	611	640	268	277	603	524	895	862

* C/= com irrigação

** S/= sem irrigação

CONCLUSÕES

1. Ambas as cultivares apresentaram decréscimo de produção na ausência de irrigação suplementar. Este decréscimo foi menor na cultivar BR 105 (35%) do que na cultivar BR 126 (46%).

2. Houve diferença no comportamento das cultivares quando submetidas ao déficit hídrico. Na cultivar BR 105, houve decréscimo na translocação de nutrientes para os grãos, sem, contudo, haver alterações quanto à produção de massa seca total. Na cultivar BR 126, houve decréscimo na produção de massa seca, além da translocação de nutrientes para os grãos.

3. A quantidade de N aplicada como fertilizante foi insuficiente, inclusive, para repor as quantidades extraídas pelos grãos.

4. A extração total dos nutrientes, em ambas as cultivares, seguiu a seguinte ordem decrescente $N (77-129 \text{ kg/ha}) > K (34-53 \text{ kg/ha}) > P (15-24 \text{ kg/ha}) > Ca (19-24 \text{ kg/ha}) > Mg (11-16 \text{ kg/ha})$.

5. A exportação total de nutrientes seguiu a ordem decrescente $N (45-93 \text{ kg/ha}) > K (12-25 \text{ kg/ha}) > P (11-20 \text{ kg/ha}) > Mg (4-7 \text{ kg/ha}) > Ca (0,2-0,6 \text{ kg/ha})$.

6. A cultivar BR 105 apresentou maior taxa de conversão dos nutrientes assimilados em grãos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.G. de; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. de & SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho. Piracicaba, ESALQ, 1977. 106p. Tese Mestrado.
- ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. de & SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). Acúmulo de macronutrientes. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 32:115-49, 1975.
- BEAUCHAMP, E.G.; KANNEMBERG, L.W. & HENTER, P.B. Nitrogen accumulation and translocation in corn genotypes following silking. Agron. J., 68: 418-22, 1976.
- DAYNARD, T.B.; TANNER, J.W. & DUNCAN, W.G. Direction of grain period and its relation to grain yield in corn. (*Zea mays* L.). Crop. Sci., 11(1): 45-8, Jan./Feb. 1971.
- DAYNARD, T.B.; TANNER, J.W. & HUME, D.J. Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn (*Zea mays* L.). Crop Sci., 9(6):831-4, Nov./Dec. 1969.
- FURLANI, P.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. & SILVA, W.J. Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. Bragantia, 36(22):223-9, 1977.
- HANWAY, J.J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. Agron. J., 54(2):145-8, Mar./Apr. 1962a.
- HANWAY, J.J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: II. Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. Agron. J., 54(3):217-22, 1962b.
- HANWAY, J.J. Growth stage of corn (*Zea mays* L.). Agron. J., 55(5):487-92, Sept./Oct. 1963.
- HANWAY, J.J. & RUSSEL, W.A. Dry-matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plants: comparisons among single-cross hybrids. Agron. J., 61(6):947-51, Nov./Dec. 1969.
- HIROCE, R. Extração de nutrientes pelo milho aos 65 dias após o plantio e pelas sementes na colheita. Bragantia, 38(24):I-V, 1979. (Nota, 1).
- JENNE, E.A.; RHOADES, H.F.; YIEN, C.H. & HOWE, O.W. Change in nutrient element accumulation by corn with depletion of soil moisture. Agron. J., 50(2):71-4, Feb. 1958.
- LOUÉ, A. Estudo comparativo das exigências minerais de algumas variedades de milho híbrido. Fertilité, 20: 22-32, 1963.
- MEHLA, R.S. & SINGH, T.A. Comparison of dry matter and nutrient accumulation in híbrido and composite maize. Indian J. Agron., 25(3):370-7, 1980.

- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta.*, 27:31-6, 1962.
- POLLMER, W.G.; EBERHARD, D.; KLEIN, D. & DHILLON, B.S. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. *Crop. Sci.*, 19:82-6, 1979.
- RODRIGUEZ, M.S.P. Varietal differences in maize in the uptake of nitrogen and its translocation of the grain. s.l. Cornell University, 1977. 167p. Tese Doutorado.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974.
- SAYRE, J.D. Mineral accumulation in corn. *Plant Physiol.*, 23(3):267-81, 1948.
- SILVA, W.J. da; MONTOJOS, J.C. & PEREIRA, A.R. Análise de crescimento em dois híbridos simples de milho avaliada em duas densidades de população. *Ci. e Cult.*, 26(4):360-5, abr. 1974.
- TUKEY JUNIOR, H.B. The leaching of substances from plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 21:305-24, 1970.
- WATANABE, F.S. & OLSEN, S.R. Test of ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO_3 extracts from the soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29:677-8, 1965.